

**Die zeitliche Herzdynamik
unter dem Einfluß körperlicher Belastung
bei Herzgesunden**

von

Helmut Brammer

aus

Königsberg/Ostpr.

1969 № 255

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. C. Korth

Die zeitliche Herzdynamik unter dem Einfluß körperlicher Belastung bei Herzgesunden

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Helmut Brammer
aus
Königsberg/Ostpr.

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät der

Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan:

Prof.Dr.H.Valentin

Referent:

Prof.Dr.C.Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 6.8.1969

Meinen lieben Eltern
sei diese Arbeit in Dankbarkeit gewidmet.

Herrn Prof.Dr.C.Korth danke ich sehr für die freundliche Übernahme des Referates.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr.med.E.Lang für die freundliche Überlassung des Themas sowie für seine unermüdliche Bereitschaft, mich jederzeit mit Rat und Tat zu unterstützen.

Die zeitliche Herzdynamik unter dem Einfluß körperlicher Belastung bei Herzgesunden.

Von einer Funktionsprüfung des Herzens verlangen wir vor allem, daß sie uns einen Einblick in die Leistungsfähigkeit des Herzens gibt. Die Leistung des Herzens besteht in seiner Förderarbeit pro Zeit. Nur eine Untersuchung, die uns über die mechanische Arbeit oder zumindest Arbeitsweise unterrichtet, kann den Anforderungen genügen, die billigerweise an eine Herzfunktionsprüfung zu stellen sind.

In der Bestimmung der Anspannungszeit und der Austreibungszeit besitzen wir, wie das E.EDENS (9) schon vor Jahren beschrieben hat, eine sehr gute Möglichkeit, uns ein Bild über die mechanische Herztätigkeit während der Systole zu machen. So wurden bereits mehrere Verfahren angegeben, die es erlauben, diese herzdynamischen Zeiten zu ermitteln. H.MAAS (24) beschreibt eine Methode zur Messung der Anspannungs- und Austreibungszeit, die die gleichzeitige Registrierung zweier Vorgänge (einer EKG - Ableitung und des Herzschalles bzw. einer Pulskurve, oder des Herzschalles und des Pulses oder zweier Pulse) zugrunde legt. Im Gegensatz hierzu fordert KJ.BLUMBERGER (3) die synchrone Registrierung von drei Vorgängen (EKG, Carotispuls und Herzschall). Diese Art der Aufzeichnung sieht auch die von REINDELL und KLEPZIG (32) angegebene Methode vor. E.ATZLER und G.LEHMANN (2) schlagen das Verfahren der Dielektrographie zur Messung der Herzmechanik vor. Sie konnten mit Hilfe von Kondensatoren die Form- und Größenänderung des Herzens messen und damit neben anderen Parametern Austreibungszeit und Anspannungszeit bestimmen.

Über die zeitliche Herzdynamik sind bereits von BLUMBERGER (3,4,5,6,8,9), MEINERS (25), HOLLDACK (19), ATZLER und LEHMANN (2), LANG (22,23) u.a. ausgedehnte Untersuchungen durchgeführt worden. BLUMBERGER, HÜTTEN und KLEIN (10), REINDELL und KLEPZIG (32), SCHLOTTA (37) und viele andere Autoren

haben darüber hinaus auch untersucht, wie sich die zeitliche Herzdynamik nach Belastung verhält. Aber diese Untersuchungen hatten den Nachteil, daß

- 1.) von den Versuchungspersonen keine exakt definierte Arbeit durchgeführt wurde
- und 2.) die Messungen nicht während der Belastung, sondern kurz danach vorgenommen wurden.

BLUMBERGER (6) gibt an, daß er seine Messungen frühestens 20 Sek. nach Beendigung der Belastung durchgeführt habe; zu einem Zeitpunkt, zu dem bereits die Erholungsphase eingetreten ist.

Die Problemstellung dieser Arbeit beinhaltet die Untersuchung der zeitlichen Herzdynamik unter ergometrischer Belastung, wobei 1.) konstante Leistungsstufen und damit objektivierbare Arbeit pro Zeit

- und 2.) exakte Messungen während der Belastung Voraussetzung sein soll.

Material und Methodik

Als Versuchungspersonen dienten 50 Studenten im Alter von 20 bis 32 Jahren, bei einem Durchschnittsalter von 24,8 Jahren, die mit Ausnahme zweier Personen untrainiert waren. Registriert wurden synchron eine EKG-Ableitung, der Herzschall und die Carotispulskurve. Dabei wurde das Elektrokardiogramm in der MC-5 Ableitung aufgezeichnet. 3' Saugelektroden - mit Elektrolytpaste bestrichen - wurden hierzu mit Leukoplast auf dem Sternum (Manubrium), im 5. Inter-costalraum links (vordere Axillarlinie) und am linken Mittelbauch (Erde) fixiert (Abb. 1b). Zur Aufzeichnung des Phonokardiogramms verwandten wir ein kleines Körperschallmikrophon der Firma Elema-Schölander, Schweden (EMT-25) (Abb. 1d), welches mit zwei Pflasterstreifen über dem Erb'schen Punkt aufgeklebt wurde (Abb. 1b). Das Carotissphygmogramm registrierten wir mit Hilfe eines Kondensatormikrophones (Boucke und Brecht), das über der art.carotis dextra mit einer Halsmanschette befestigt wurde (Abb. 1b). Als Registriergerät benutzten wir den 6-fach Schreiber Minograf Cardirex 6t der Firma Siemens-Reiniger mit eingebautem Infratonverstärker (Boucke und Brecht) (Abb. 1 c). Dabei wurde die EKG-Ableitung im Kanal 1, das Carotissphygmogramm im Kanal 5 und das Phonokardiogramm in den Frequenzfilterungen 70, 140 und 250 Hz im Kanal 2, 3 und 6 aufgezeichnet. Die Papiergeschwindigkeit betrug 50 mm/Sek..

Die Messungen wurden zunächst in Ruhe, dann unter Belastung mit 50, 100, 150 und 200 Watt mittels des Fahrradergometers "Ergotest" vorgenommen. Die Versuchspersonen saßen während der Ruhe- und Belastungsuntersuchung aufrecht auf dem Fahrrad (Abb. 1a).

Die verschiedenen hämodynamischen Parameter ermittelten wir nach dem von BLUMBERGER (3) und HOLLDACK (19) angegebenen Verfahren, wobei sich als direkte Messwerte die Diastolendauer, die Systolendauer, die Austreibungszeit und die Umformungszeit ergeben.

Diastolendauer (D) : Vom Beginn des vorangehenden 2. Herztones bis zum Beginn des Kammeraktionsstromes.

Versuchsanordnung und Registriergeräte

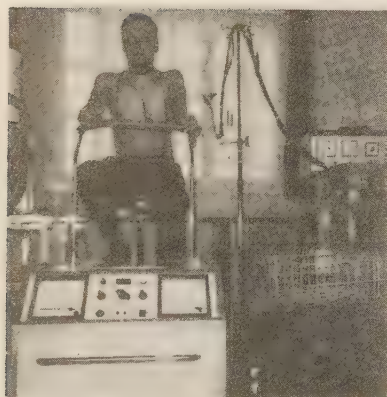


Abb.1a



Abb.1b

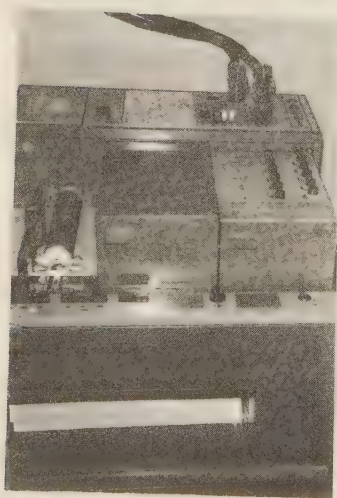


Abb.1c

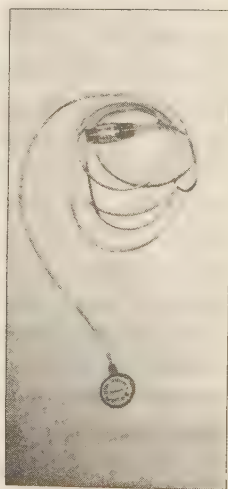


Abb.1d

Systolendauer (A+S):	Von Beginn des Kammeraktionsstromes bis zum Beginn des Schallbildes des 2. Herztones.
Austreibungszeit (S):	Vom Fußpunkt bis zur Incisur des Carotissphygmogramms.
Umformungszeit (UZ):	Vom Beginn des Kammeraktionsstromes bis zum Beginn des 1. Herztones.

Durch Subtraktion bzw. Addition ergeben sich:

Anspannungszeit (A):	Systolendauer minus Austreibungszeit
Druckanstiegszeit (DAZ):	Anspannungszeit minus Umformungszeit
Periodendauer (T):	Diastolendauer plus Systolendauer
Herzfrequenz (F):	60×1000
	Periodendauer

Ergebnisse

1.) Die Diastolendauer unter dem Einfluß körperlicher Belastung

Die Mittelwerte der Diastolendauer lassen unter Belastung einen deutlichen Abfall erkennen, der zwischen dem Ruhewert und der 1. Belastung mit 50W am steilsten ist, nämlich 132 msec. (Abb.2). Zwischen den nächsten Stufen flacht die Mittelwertkurve allmählich ab, und zwar sinkt sie zwischen 50W und 100W um 51 msec., zwischen 100W und 150W um 37 msec. und zwischen 150 W und 200W um 17 msec.. Insgesamt verringert sich die Diastolendauer bei einer stufenweisen Belastung bis auf 200W um 237 msec.. Auch die Streubreite sinkt deutlich von einem Anfangswert von ± 68 auf eine Endstreuung von ± 17 msec..

2.) Die Anspannungszeit unter dem Einfluß körperlicher Belastung

Die Mittelwertkurve verläuft bedeutend flacher als die Belastungskurve der Diastolendauer. Aus Abbildung 3a läßt sich ein nahezu linearer Abfall erkennen. Doch ist auch hier der stärkste Abfall zwischen dem Ruhewert und der 1. Belastungsstufe mit 19 msec. und eine zunehmende Abflachung mit dem Anstieg der Belastungsstufen zu beobachten, die bei Differenzwerten von 40 msec., 10 msec. bzw. 7 msec. nicht sehr ausgeprägt ist. Die Anspannungszeit sinkt also bis zur Höchstbelastung um insgesamt 50 msec. im Durchschnitt ab.

3.) Die Austreibungszeit unter dem Einfluß körperlicher Belastung

Im Gegensatz zu den anderen Parametern verläuft die Belastungskurve der Austreibungszeit nicht ganz so einheitlich. Sie fällt zwischen dem Ruhewert und der 1. Belastungsstufe um 5 msec., zwischen 50W und 100W um 1 msec. und zeigte ihren stärksten Abfall zwischen 100 W und 150W mit 19 msec., um dann mit einer Differenz von nur 7 msec. wieder flacher zu werden (Abb. 3b). Die Austreibungszeit verringert sich unter der Belastung um 41 msec.. Die

Tabelle I

Einzelbefunde der Diastolendauer (msec.) und der Anspannungszeit (msec.) in Ruhe und während Belastung bei Herzgesunden (n=50)

Nr.	Diastolendauer					Anspannungszeit				
	R	50	100	150	200 Watt	R	50	100	150	200 Watt
1	410	255	165	165	130	67	00	00	00	17
2	311	212	140	168	135	76	59	40	00	-1
3	484	260	185	140	133	84	76	74	43	29
4	367	263	197	158	141	62	56	11	17	17
5	475	277	168	143	136	66	64	52	33	27
6	326	358	222	167	190	140	105	128	70	78
7	344	227	173	125	120	100	68	38	65	55
8	334	223	147	118	112	104	66	73	50	51
9	264	233	180	110	105	105	62	50	58	58
10	292	252	213	153	133	106	73	71	53	15
11	387	257	220	188	145	95	62	38	38	29
12	376	165	175	133	90	106	77	60	52	53
13	268	232	163	140	112	88	70	52	47	46
14	343	267	169	140	131	81	71	62	48	53
15	321	205	170	132	125	71	79	62	62	48
16	272	252	228	163	140	67	48	20	47	37
17	421	220	190	140	131	83	58	50	52	58
18	397	267	185	172	140	93	85	75	94	91
19	375	215	183	122	118	58	57	32	37	29
20	490	290	260	203	157	62	75	53	50	45
21	274	210	172	147	130	50	47	45	25	25
22	326	227	175	143	131	60	43	31	30	6
23	412	202	155	145	130	114	79	62	25	12
24	519	247	242	177	150	85	88	57	50	64
25	348	222	170	140	131	92	62	40	45	33
26	613	400	245	187	133	99	93	77	43	38
27	300	210	172	168	146	95	68	43	3	2
28	562	318	300	213	165	95	82	83	53	29
29	278	183	182	127	112	92	67	43	62	36
30	372	197	170	133	127	101	67	50	50	20
31	304	167	162	127	110	110	86	70	67	54
32	347	213	143	125	118	80	80	58	33	29
33	597	268	185	150	133	60	57	52	35	20
34	574	335	257	215	150	126	87	75	65	38
35	359	233	185	180	140	86	53	57	3	25
36	368	217	175	140	125	99	70	53	40	29
37	236	200	190	153	134	84	73	63	53	22
38	260	227	220	158	137	83	37	23	33	36
39	400	245	193	140	107	106	67	46	57	42
40	261	202	160	122	95	93	85	83	53	60
41	621	250	200	150	142	89	60	70	62	25
42	403	290	183	140	125	104	75	68	48	21
43	451	250	165	160	143	109	58	55	45	27
44	446	285	207	140	129	104	85	63	37	12
45	416	298	227	138	125	110	100	73	87	60
46	533	223	200	185	159	79	40	65	33	7
47	270	203	153	127	115	90	73	53	40	20
48	220	200	152	120	113	96	63	57	57	22
49	253	227	195	148	124	75	75	47	47	29
50	326	267	185	148	134	100	77	43	41	30

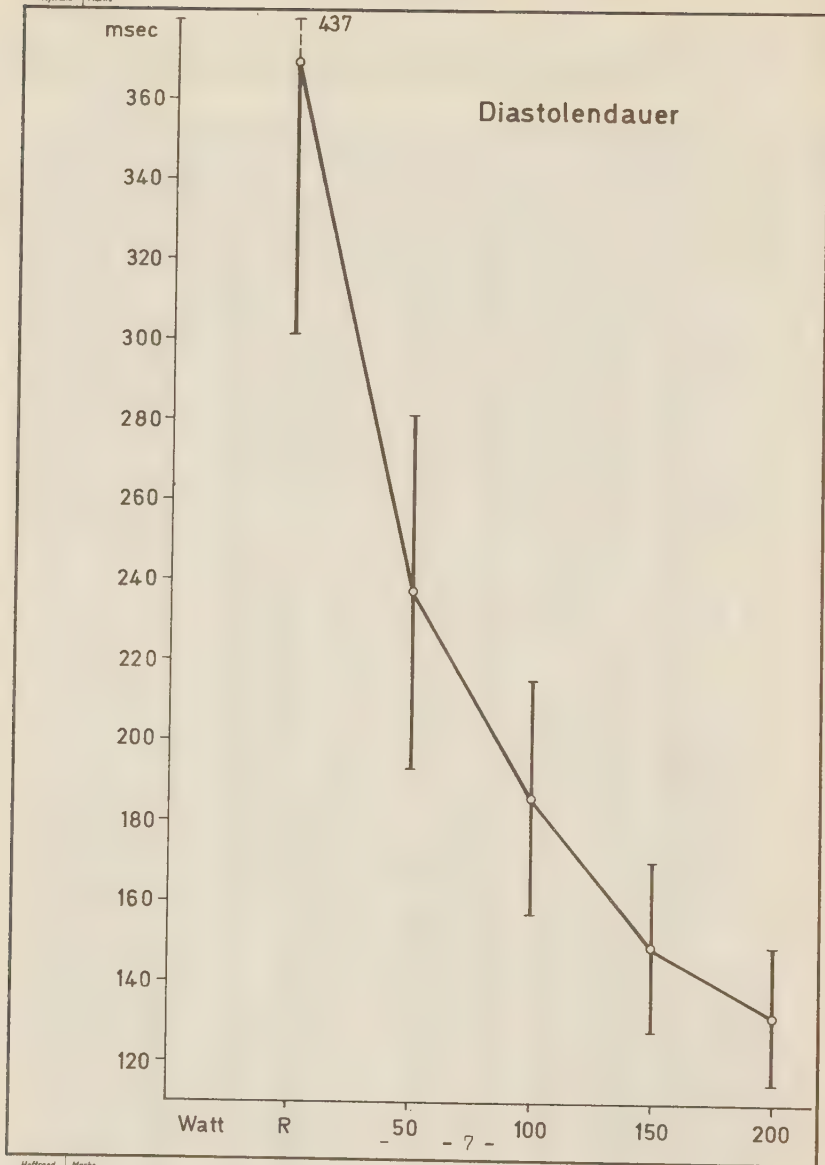


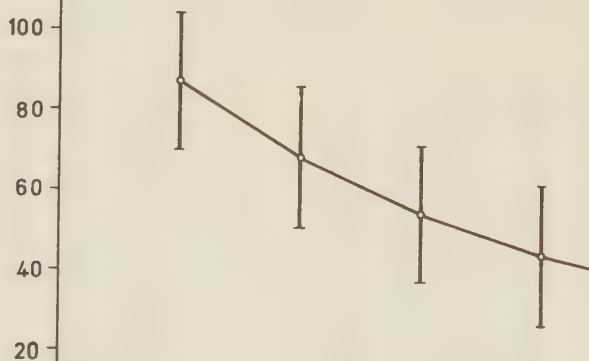
Tabelle II

Einzelbefunde der Gesamtsystolendauer (msec.) und der Austreibungszeit (msec.) in Ruhe und während Belastung bei Herzgesunden (n=50)

Nr.	Anspannungszeit + Austreibungszeit						Austreibungszeit					
	R	50	100	150	200	Watt	R	50	100	150	200	Watt
1	298	280	227	195	187		231	280	227	195	170	
2	293	272	240	187	175		217	213	200	187	176	
3	312	257	255	222	197		228	217	181	179	168	
4	292	263	228	210	187		230	207	217	193	170	
5	243	227	202	188	176		177	163	150	155	149	
6	316	275	298	257	215		176	170	170	187	137	
7	293	260	200	195	182		193	192	162	130	127	
8	288	243	228	197	183		184	177	155	147	132	
9	323	272	253	235	210		218	210	203	177	152	
10	297	273	258	213	190		191	200	187	160	175	
11	303	270	255	215	180		208	208	217	177	151	
12	336	300	270	242	230		230	223	210	190	177	
13	300	280	257	225	218		212	210	205	178	172	
14	296	273	256	221	210		215	202	194	173	157	
15	291	302	282	252	223		220	223	220	190	175	
16	264	248	223	237	197		197	200	203	190	160	
17	307	275	242	225	220		224	217	192	173	162	
18	344	345	327	286	260		251	260	252	192	169	
19	290	277	237	215	190		232	220	205	178	161	
20	316	305	273	255	225		254	230	220	205	180	
21	232	237	218	187	183		182	190	173	162	158	
22	290	263	238	210	186		230	220	207	180	162	
23	342	302	265	205	181		228	223	203	180	169	
24	336	318	287	260	257		251	230	230	210	193	
25	308	282	260	242	211		216	220	220	197	178	
26	339	323	297	248	238		240	230	220	205	200	
27	305	278	233	173	169		210	210	190	170	167	
28	329	297	283	238	193		234	215	200	185	164	
29	311	277	240	237	197		219	210	197	175	161	
30	290	277	263	237	202		189	210	213	187	182	
31	342	308	285	240	217		232	222	215	173	163	
32	286	260	235	205	193		206	180	177	172	164	
33	310	277	262	223	192		250	220	210	188	172	
34	390	342	320	285	233		264	255	245	220	195	
35	304	253	247	173	180		218	200	190	170	155	
36	321	290	263	230	198		222	220	210	190	169	
37	264	253	243	223	185		180	180	180	170	163	
38	263	240	223	223	213		180	203	200	190	177	
39	318	277	252	257	232		212	210	206	200	190	
40	307	300	273	233	220		214	215	190	180	160	
41	325	273	270	257	205		236	213	200	195	180	
42	337	330	278	223	189		233	255	210	175	168	
43	323	278	245	210	183		214	220	190	165	156	
44	329	308	273	217	181		225	223	210	180	169	
45	330	300	273	287	243		220	200	200	200	183	
46	295	240	260	208	174		216	200	195	175	167	
47	292	273	243	210	185		202	200	190	170	165	
48	290	263	240	217	183		194	200	183	160	161	
49	255	270	237	222	198		180	195	190	175	168	
50	290	264	225	213	192		190	187	182	172	162	

Anspannungszeit

msec
120
100
80
60
40
20



Austreibungszeit

220
200
180
160

Watt

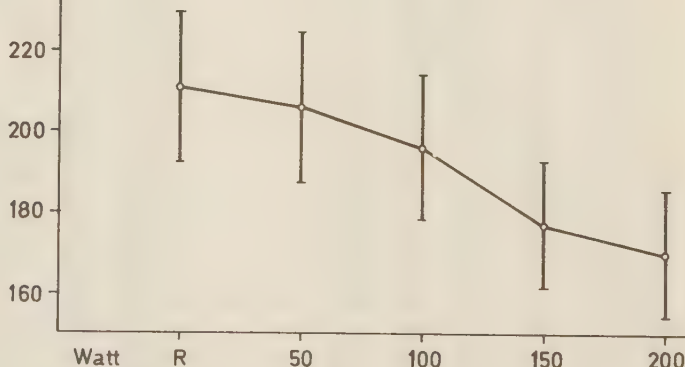
R

50

100

150

200



Streubreite beträgt bei den ersten 3 Werten im Mittel $\pm 18,4$ und sinkt bei den letzten Werten auf $\pm 15,7$ msec..

4.) Die Druckanstiegszeit unter dem Einfluß körperlicher Belastung

Die Mittelwerte der Druckanstiegszeit (Abb. 4a) nehmen mit zunehmender Belastung beinahe linear ab. Der stärkste Abfall ist zwischen 50W und 100W mit 10 msec. zu beobachten, während die zeitlichen Abnahmen zwischen Ruhe und 50W 7 msec., zwischen 100W und 150W 9 msec. und zwischen 150W und 200W 6,5 msec. betragen. Die Druckanstiegszeit nimmt während der Belastung um insgesamt 38,5 msec. ab. Die mittlere Streubreite liegt in allen Untersuchungsstufen bei ca. ± 13 msec..

5.) Die Umformungszeit unter dem Einfluß körperlicher Belastung

Die Umformungszeit wird nur sehr wenig unter Belastung verändert. Der Abfall der Umformungszeit durch die Belastung ist zwischen dem Ruhewert und der 1. Leistungsstufe relativ am größten. Die Unterschiede der Mittelwerte zwischen 50W und 100W sind mit 4 msec., zwischen 100W und 150W mit 1 msec. und zwischen 150W und 200W mit 0,5 msec. sehr gering (Abb. 4b). Die Umformungszeit nimmt unter der Belastung im Mittel um 11,5 msec. ab, wobei auch die Streubreite außerordentlich niedrig ist (zwischen $\pm 11,7$ und $\pm 6,0$ msec.).

6.) Der Quotient Austreibungszeit/Anspannungszeit unter dem Einfluß körperlicher Belastung

Die Mittelwerte steigen fast linear an (Abb. 5a). Die Zunahme beträgt mit einer Ausnahme zwischen 100W und 150W (0,4 msec.) gleichmäßig 0,6 msec..

7.) Die Herzfrequenz unter dem Einfluß körperlicher Belastung

Die mittlere Herzfrequenz nimmt während der ersten 3 Belastungsstufen ziemlich regelmäßig um 27, 23 und 25 Herzschläge/Min. zu, während die Frequenz bei der letzten Belastungsstufe nur noch um 13 Herzschläge/Min. ansteigt. Insgesamt hat sich die durchschnittliche Herzfrequenz unter der Belastung von 88 auf 176/Min. um genau das Doppelte gesteigert.

Tabelle III

Einzelbefunde der Druckanstiegszeit (msec.) und der Umformungszeit (msec.) in Ruhe und während Belastung bei Herzgesunden (n = 50)

Nr.	Druckanstiegszeit					Umformungszeit				
	R	50	100	150	200 Watt	R	50	100	150	200 Watt
1	14	-45	-35	-33	-13	53	45	35	33	30
2	31	19	3	-37	-34	45	40	37	37	33
3	55	46	39	13	2	29	30	35	30	27
4	13	9	-42	-16	-9	41	47	45	45	35
5	11	22	22	00	-3	49	47	53	35	26
6	89	55	86	35	50	55	42	30	33	30
7	48	30	6	33	28	51	50	42	35	28
8	51	21	38	-2	12	52	38	32	32	27
9	54	9	2	5	31	53	45	35	52	39
10	21	30	36	26	-11	51	53	48	53	27
11	42	10	-9	1	-9	85	43	35	27	26
12	60	36	23	19	25	52	42	40	35	20
13	58	30	27	12	23	53	52	47	37	38
14	40	31	34	15	25	46	41	37	33	28
15	15	39	22	45	27	30	40	25	35	23
16	20	3	-37	12	8	41	40	28	33	28
17	53	11	20	20	32	56	40	40	17	21
18	57	40	32	54	54	47	45	57	35	29
19	9	25	2	10	3	30	47	30	32	26
20	26	45	30	23	24	36	45	43	40	37
21	6	7	10	-15	-6	49	32	30	27	26
22	13	-4	-17	-12	-39	36	30	23	27	21
23	94	57	44	4	-8	44	40	35	40	31
24	47	48	15	10	26	47	47	48	42	45
25	67	32	10	10	1	20	22	18	21	20
26	60	65	46	16	17	38	40	42	40	38
27	50	36	23	-24	-22	25	30	30	35	32
28	47	42	43	16	-8	39	28	31	27	21
29	52	32	13	37	26	45	32	20	27	24
30	71	32	17	20	-5	48	40	40	37	37
31	88	61	48	44	33	30	35	33	30	25
32	4	25	13	-10	-1	22	25	22	23	21
33	5	17	24	10	00	76	55	45	43	30
34	83	47	37	27	9	55	40	28	25	20
35	41	10	22	-37	-6	43	40	38	38	29
36	49	47	26	18	2	45	43	35	40	31
37	44	41	36	16	-10	50	23	27	22	27
38	36	-8	-17	00	9	40	32	27	37	32
39	65	37	16	22	15	47	45	40	33	27
40	38	37	56	23	36	41	30	30	35	27
41	39	32	40	39	4	55	48	27	30	24
42	70	40	38	18	-7	40	35	30	25	10
43	64	21	23	18	6	50	28	30	23	21
44	54	45	23	-3	-22	34	35	30	30	28
45	70	60	36	57	35	45	37	32	27	21
46	32	00	25	-9	-19	50	40	40	40	34
47	42	28	8	-5	-19	40	40	37	30	25
48	47	21	25	17	-4	47	40	40	42	26
49	27	30	2	-10	2	48	45	45	45	39
50	51	35	3	9	4	49	42	40	32	26

msec

Druckanstiegszeit

60

50

40

30

20

10

0

Watt

R

50

100

150

200

- 12 -

Umformungszeit

60

50

40

30

20

Tabelle IV

Mittelwerte (M) und Streubreite (S) herzdynamischer Zeitwerte in Ruhe und Belastung bei Herzgesunden (n = 50)

	D		A		DAZ		UZ		S		S/A	F
	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S		
Ruhe	369	68	87	17,0	43	13,0	44	11,7	211	18,5	2,4	88
50W	237	44	68	17,4	30	14,1	38	7,5	206	18,7	3,0	115
100W	186	29	54	17,0	20	13,2	34	7,7	196	18,0	3,6	138
150W	149	21	44	17,5	11	12,0	33	7,7	177	15,7	4,0	163
200W	132	17	37	16,8	4,5	13,7	32,5	6,0	170	15,7	4,6	176

Quotient: Austreibungszeit:Anspannungszeit

4

3

180

160

140

120

100

80

Watt

R

50

100

150

200

Herzfrequenz

- 14 -

8.) Die prozentualen Abweichungen der angeführten Parameter

Die prozentuale Abweichung der untersuchten Parameter vom Anfangswert nimmt mit steigender Belastung zu (Abb. 6). Die Messwerte der Parameter Diastolendauer, Anspannungszeit, Druckanstiegszeit, Umformungszeit und Austreibungszeit sinken bei zunehmender Belastung unter den Ruhewert (prozentuale Veränderungen im negativen Bereich, Abb. 6). Dagegen streben die Abweichungen der Parameter Austreibungszeit/Anspannungszeit und Herzfrequenz in den positiven Bereich.

Die Diastolendauer verkürzt sich durch die Belastung insgesamt um 65%.

Die Anspannungszeit vermindert sich während der Belastung im Durchschnitt um 57% des Ausgangswertes.

Die Druckanstiegszeit erfährt die bei weitem größte mittlere Zeitverminderung mit einer Endverkürzung von 81%.

Die prozentualen Abweichungen der Umformungszeit und der Austreibungszeit liegen relativ niedrig. Sie betragen zwischen Ausgangswert und der Leistungsstufe von 200W 34% bzw. 19%.

Der Quotient S/A verdoppelt sich nahezu bis zur Endbelastung. Die Zunahme der Mittelwerte beträgt 91,6% des Ausgangswertes.

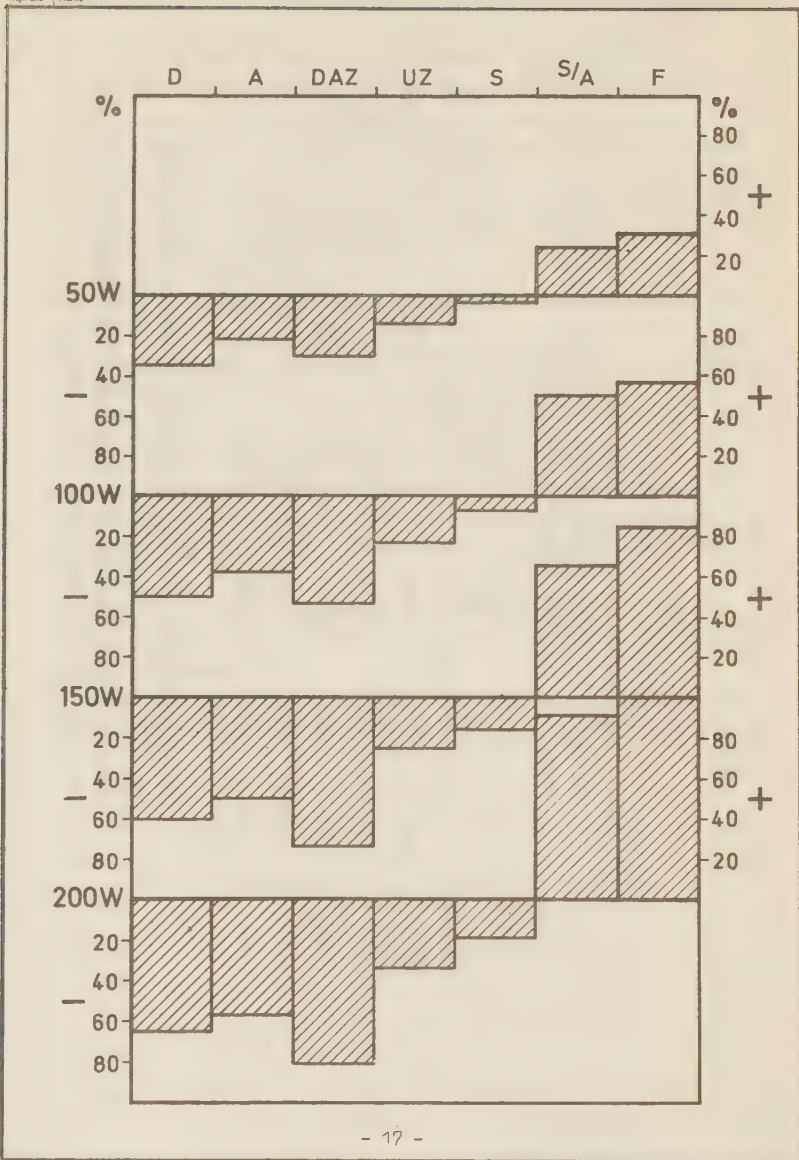
Die prozentuale Steigerung der Herzfrequenz nimmt kontinuierlich zu. Auch hier verdoppelt sich der Mittelwert.

Tabelle V

Prozentuale Veränderungen der herzdynamischen Zeitwerte in Ruhe und Belastung (n = 50)

	D	A	DAZ	UZ	S	S/A	F
Ruhe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
50W	-35%	-22%	-30%	-14%	- 3%	+25%	+31%
100W	-50%	-38%	-53%	-23%	- 7%	+50%	+57%
150W	-60%	-50%	-74%	-25%	-16%	+66%	+85%
200W	-65%	-57%	-81%	-34%	-19%	+91,6%	+100%

Die Ruhewerte wurden = 100% gesetzt. Dabei fielen die Meßwerte der Parameter D, A, DAZ, UZ und S unter den Ausgangswert, während die Ergebnisse der Parameter S/A und F über den Ausgangswert anstiegen.



Diskussion

Bei der Beurteilung der Kontraktionszeiten während der Belastung muß natürlich berücksichtigt werden, daß einige Parameter, wie z.B. die Diastolendauer und die Austreibungszeit ganz besonders dem Einfluß der Pulsfrequenz unterliegen. Mit steigender Frequenz nehmen Diastolendauer und Austreibungszeit erheblich ab. HERKEL, NURMBERGER und PAPAGEORGIOU (17) fanden eine logarithmische, MILLIAHN (26) und LANG (22) eine lineare Abhängigkeit der Austreibungszeit von der Herzfrequenz. Es erscheint uns jedoch nicht zulässig, die von uns gefundenen Werte in ihrer Korrelation Pulsfrequenz-Austreibungszeit mit denen anderer Autoren zu vergleichen, da diese im Gegensatz zu uns ihre korrelativen Untersuchungen nur in Ruhe in Horizontallage durchgeführt haben. Die größeren Diskrepanzen zwischen den von uns und anderen gefundenen Streubereichen der Austreibungszeit sind wahrscheinlich so zu erklären. So fand LANG für die Austreibungszeit mit 274 msec einen Mittelwert, der um 63 msec höher liegt, als der von uns gefundene (211). Dabei ist aber die unterschiedliche Pulsfrequenz beider Kollektive (78,9 bzw. 88/Min) zu berücksichtigen. Da nach KRAYENBÜHL und Mitarbeitern (21) zwischen der frequenzbezogenen Systolendauer und dem Schlagvolumenindex eine sehr enge Korrelation besteht ($r = 0,896$), haben wir im Verlauf der Austreibungszeit einen einfach bestimmbaren Gradmesser für das Verhalten des Schlagvolumens während der Belastung. Unsere Ergebnisse, die ein relativ geringes Absinken der Austreibungszeit durch die Belastung (bis 19%) aufzeigen, sind daher geeignet die Befunde SJÖSTRAND'S (39) zu stützen, die auf die Tatsachen hindeuten, daß das Schlagvolumen während der Arbeit im Gegensatz zur üblichen Auffassung nicht ansteigt.

Über das Verhalten der Austreibungszeit nach einer Belastung gehen die Meinungen auseinander. M.COOPER () fand übereinstimmend mit BLUMBERGER (7), daß die Austreibungszeit sich unter Belastung verlängert, wogegen G.LEHMANN und A.H.STEINHAUS (19) bei ihren Versuchen entdeckten, daß

sich dieser Parameter sowohl bei trainierten, als auch bei untrainierten Personen nach einer Arbeit verkürzt. SCHLOMKA und REINDELL (38) sprechen von einer kurzfristigen Verkürzung der aus dem EKG ermittelten Systolendauer nach einer Anstrengung. Eine Mitteilung BLUMBERGER'S konnten wir nicht bestätigen, daß nämlich eine Arbeitsverkürzung der Anspannungszeit auch dann eintritt, wenn eine Vermehrung der Schlagzahl ausbleibt. Wir konnten bei allen 50 Versuchspersonen beobachten, daß eine Verkürzung der Anspannungszeit stets mit einer Zunahme der Herzfrequenz einherging. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, daß diese Verkürzung allein durch die Frequenzzunahme hervorgerufen wird, wenngleich auch MILLHAN (26) und LANG (22) bei Herzgesunden eine gewisse Abhängigkeit der Anspannungszeit von der Pulsschlagzahl fanden. Es ist vielmehr anzunehmen, daß andere der mannigfaltigen Einflüsse, die die Anspannungszeit mitbestimmen, wirksam werden. Wir denken hierbei besonders an die Verminderung der präsysstolischen Differenz zwischen Ventrikel- und Aortendruck, die ja durch das Absinken des diastolischen Blutdruckes unter Arbeitsbelastung eintritt. Für diese Vermutung spricht die Tatsache, daß die Druckanstiegszeit sich bei unseren Untersuchungen weit mehr vermindert, als die Umformungszeit.

Über den Quotienten S/A finden sich in der Literatur keine vergleichbaren Untersuchungen. Die Ergebnisse können aber aus den von den schon erwähnten Autoren (7,22,26) gefundenen Werten für Austreibungs- und Anspannungszeit abgeleitet werden. Nach Bildung des Quotienten sind im Gegensatz zu den Absolutwerten keine größeren Diskrepanzen mehr erkennbar. Mit zunehmender Belastung steigt der Quotient S/A nahezu linear an.

Unsere Untersuchungen hatten die Aufgabe, den Einfluß einer objektivierbaren Belastung auf die herzdynamischen Zeitwerte zu prüfen und die Grundlagen für eine neue Herzfunktionsprüfung zu legen. Ob die "Belastungs-sphygmographie" die Bedingungen auch erfüllt, die eine Herzfunktions-

prüfung für sich fordert, werden vergleichende Untersuchungen mit einem Kollektiv herzinsuffizienter Patienten zeigen. Die methodischen Schwierigkeiten der Belastungs-sphygmographie glauben wir durch unsere Untersuchungen erstmalig zufriedenstellend gelöst zu haben.

Tabelle VI

Die Zeitwerte der Herzdynamik in Ruhe bei Herzgesunden
im Vergleich mit den Angaben in der Literatur.

Autor	Anspannungszeit msec		UZ msec	DAZ msec	Austreibungszeit msec	S/A
Tiegerstedt	20	- 100				
Weitz	45	- 85				
Robinson und Draper	70	- 85				
Blumberger	70	- 105			200 - 300	2,5 - 5,0
Schütz und Schäfer	130	- 150				
Hollöck	50	- 100	40 - 70	15 - 45		
Lang	64,3	- 107,5	56,2 - 75,8	10,05-52,65	217,2 - 331,6	2,34 - 4,14
eigenes Material	53	- 121	21 - 67	17 - 69	174 - 248	2,4

Zusammenfassung

Es wurden 50 herzgesunde männliche Studenten im Durchschnittsalter von 24,8 Jahren ergometrisch untersucht. Dabei wurde die zeitliche Herzdynamik nach der bei BLUMBERGER (3) angegebenen Methode zum erstenmal während der Belastung untersucht. Es konnte folgendes festgestellt werden:

- 1.) Die Diastolendauer nimmt während der Belastung erheblich (bis zu 65%) ab.
- 2a) Die Anspannungszeit nimmt um 57% ab, wobei die Verminderung der präsysstolischen Druckdifferenz zwischen Ventrikel und Aorta als Hauptursache diskutiert wird.
b) Hierfür spricht, daß die Druckanstiegszeit deutlich mehr abnimmt (81%) als die Umformungszeit (34%).
- 3.) Die Austreibungszeit wird ebenfalls mit zunehmender Belastung kürzer (19%). Die frequenznormierte Austreibungszeit wird als Maß für das Verhalten des Schlagvolumens angesehen.
- 4.) Der Quotient S/A sowie die Herzfrequenz weisen eine erhebliche Zunahme durch die Belastung auf.

Die Untersuchungen sollen eine Grundlage für eine neue Herzfunktionsprüfung bilden.

Literaturverzeichnis

- 1.) ATZLER, E. Dtsch.med.Wschrft. 2,1347 (1933)
- 2.) ATZLER, E.
LEHMANN, G. Arb.Phys. 5,636 (1932)
- 3.) BLUMBERGER, KJ. Klin.Wschrft. 825 (1940)
- 4.) BLUMBERGER, KJ. Klin.Wschrft. 681 (1941)
- 5.) BLUMBERGER, KJ. Erg.inn.Med.u.Kinderheilk.62,424-531 (1942)
- 6.) BLUMBERGER, KJ. Med.Welt Heft 12 (1951)
- 7.) BLUMBERGER, KJ. Arch.Kreislaufforsch. Bd.6 (1939)
- 8.) BLUMBERGER, KJ. Die Herzdynamik in der klin. Diagnostik.
1. Freiburger Colloquium (1958)
Banaschewski, München 1959
- 9.) BLUMBERGER, KJ. Arch.Kreislaufforsch. Bd.6, 203 (1940)
- 10.) BLUMBERGER, KJ.,
HÜTTEN, H.KLEIN Z.klin.Med. 137, 591 (1940)
- 11.) BROEMSER, Ph.,
RANKE, O.F. Z.Kreislaufforsch. 25,11 (1933)
- 12.) DEPPE, B.,
BIEHAUS, H. Arch.Kreislaufforsch. 2,357 (1937)
- 13.) DUNGERN, v.M. Arch.Kreislaufforsch. 8,52 (1942)
- 14.) DUNGERN, v.M. Z.klin.Med. 132,266 (1939)
- 15.) DUNGERN, v.M. Z.Kreislaufforsch. 31,739 (1939)
- 16.) HERKEL, W.,
NURMBERGER, W. Verh.dt.Ges.Kreislaufforsch. (1939)
- 17.) HERKEL, NURMBERGER
und PAPAGEORGIOU Zit. nach E.Lang

- 18.) HERZUM, A. Z.Kreislaufforsch. 32,162 (1940)
- 19.) HOLLDAK, K. Dtsch.Arch.klin.Med. 198,71 (1951)
- 20.) KORTH, C. Z.Kreislaufforsch. 31,603 (1939)
- 21.) KRAYENBÜHL, H.P.,
 KAKO, K., LÜTHY, E.
 HEGGLIN, R. Arch.Kreislaufforsch. 42,253 (1963)
- 22.) LANG, E. Z.Kreislaufforsch. 54,479 (1965)
- 23.) LANG, E. Freiburger Colloquium f. Kreislauf-
 messungen
 Banaschewski, München 1966
- 24.) MAAS, H. Z.Kreislaufforsch. 38,229 (1948)
- 25.) MEINERS, S. Meßmethoden zur Analyse der Herz- und
 Kreislaufdynamik, Kreislaufmessungen.
 1. Freiburger Colloquium S. 84 (1958)
- 26.) MILLAHN, H.P. Z.Kreislaufforsch. 53,178 (1964)
- 27.) MÜLLER, E.A. Pflügers Archiv 238,638 (1937)
- 28.) RANKE, O.F. Z.Kreislaufforsch. 25,11 (1933)
- 29.) REICHEL, R. Z.Biol. 99,527 (1939)
- 30.) REINDELL, H. Über reaktive Änderungen der relativen
 Anspannungszeit, Austreibungszeit, Sy-
 stolendauer und QT-Dauer.
 Arch.Kreislaufforsch. 8,52 (1941)
- 31.) REINDELL, H.,
 DELIUS, L. Verh.dt.Ges.Kreislaufforsch. (1939)
- 32.) REINDELL, H.,
 KLEPZIG, H. Z.Kreislaufforsch. Heft 5/6 (1948)
- 33.) REINDELL, H.,
 KLEPZIG, H. Z.Kreislaufforsch. 38,129 (1949)

- 34.) REISELMANN, S.D.,
KOSTJUKOW, J.J. Arb.Phys. 5,1 (1931)
- 35.) REISELMANN, S.D.
KOSTJUKOW, J.J. 1.Mitt.Arb.Phys.3 Heft 5 (1930)
- 36.) SCHLOMKA, G. Med.Welt 10.Jahrg. Bd.2 (1936)
- 37.) SCHLOMKA, G. Arb.Phys. 8,705 (1935)
- 38.) SCHLOMKA, G.,
REINDELL, H. Arb.Phys. 8,172 (1935)
- 39.) SJÖSTRAND, T. Forum Cardiologicum 3,32 (1961)
- 40.) STRAUB, H. Die Dynamik des Herzens. Die Arbeitsweise des Herzens in seiner Abhängigkeit von Spannung und Länge unter verschiedenen Arbeitsbedingungen.
Bethe und v. Bermann: Handbuch normaler und patholog.Physiologie 7,I,237 Berlin (1926)
- 41.) WAGNER, R. Z.Biol. 92 (1931/32)
- 42.) WEITZ, W. Dt.Arch.klin.Med. (1918)
- 43.) WEITZ, W. Erg.inn.Med. 22,402 (1922)

Zur Einarbeitung in die Problematik der Arbeit wurde noch folgende Literatur benutzt:

- 1.) ALBERS, D. Z.Kreislaufforsch. 32,265 (1940)
- 2.) ALBERS, D.
SCHEER, P. Z.Kreislaufforsch. 32,193 (1940)
- 3.) BLUMBERGER, K.J. Verh.dt.Ges.Kreislaufforsch. (1939)
- 4.) BOHNENKAMP, H.,
DELIUS, L. Z.Kreislaufforsch. 31,297 (1939)

- 5.) BROEMSER, Ph. Aktuelle Kreislauffragen S.1 Dresden
- 6.) BROEMSER, Ph. Luftfahrtmed. Abhandlung 2,5 (1938)
- 7.) DELIUS, L.,
 REINDELL, H. Z. Kreislaufforsch. 31, 417 (1939)
- 8.) DUNGERN, v. M. Z. Kreislaufforsch. (1940)
- 9.) EDENS, E. Die Krankheiten des Herzens und der
 Gefäße.
 Berlin (1929)
- 10.) FRANK, O. Z. Biol. 32, 370 (1895)
- 11.) FRANK, O. Z. Biol. 41, 1 (1901)
- 12.) GOLLWITZER,
 MEIER, KRÜGER Pflügers Archiv 238, 251 (1936)
- 13.) HOOGERWERF, S. Elektrokardiographische Untersuchungen
 der Amsterdamer Olympiadekämpfer. In.
 Buytendijk, Ergebnisse der sportärzt-
 lichen Untersuchungen bei den 9. Olym-
 pischen Spielen in Amsterdam 1928.
 Berlin, Julius Springer Verl. (1929)
- 14.) HERZHEIMER, Z. klin. Med. 98 (1924)
- 15.) KAHLSTORFF, A.
 UDE, H. Z. klin. Med. 125, 85 (1933)
- 16.) KEYT Sphygmographie and cardiographie.
 New York and London (1887), {Zit. nach
 Robinson und Draper}
- 17.) KNOLL, W. Arb. Phys. 5, 424 (1931)
- 18.) LAURENTIUS, P. Das pathologische Belastungs-EKG und
 seine klin. Bedeutung.
 Arch. Kreislaufforsch. Bd. 6 (1939)

- 19.) LEHMANN, G.
STEINHAUS, A. H. Arb. Phys. 6, 607 (1933)
- 20.) LUEKEN, B. Med. Welt 10, Bd. 2 (1936)
- 21.) MESSERLE, N. Elektrokardiographische Untersuchungen
von Skiwettläufern. In. Knoll, W.: Die
sportärztlichen Ergebnisse der Olymp.
Winterspiele in St. Moritz 1928.
Bern, Paul Haupt Verl. (1928)
- 22.) MESSERLE, N. Z. exper. Med. 60 (1925)
- 23.) REINDELL, H. Dt. Arch. klin. Med. 182, 506 (1938)
- 24.) SCHEER, P.
ALBERS, D. Z. Kreislaufforschg. 32, 87 (1940)
- 25.) SCHLOMKA, G. Arb. Phys. 8, 80, 705 (1934)
- 26.) SCHLOMKA, G. Z. Kreislaufforschg. 31, 553 (1939)
- 27.) SCHLOMKA, G.
HOHLBAUM, H. Z. klin. Med. 137, 99 (1940)
- 28.) SCHLOMKA, G.
REINDELL, H.
v. MALAMANI Z. klin. Med. 136, 367 (1939)
- 29.) SCHÖNE Verh. dt. Ges. inn. Med. München 331 (1936)
- 30.) SCHÜTZ, E. Z. Kreislaufforschg. 31, 497 (1939)
- 31.) STARLING, E. H. Das Gesetz der Herzarbeit.
Bern und Leipzig (1920)
- 32.) SULZER, R. Z. Biol. 92, 562 (1932)
- 33.) TRENDLENBURG, W. Z. Kreislaufforschg. 31, 657 (1939)
- 34.) WEBER, A. Z. Kreislaufforschg. 31, 702 (1939)
- 35.) WENKEBACH Die unregelmäßige Herzstätigkeit.
WINTERBERG Leipzig (1927)

36.) WEZLER, THAUER
GREVEN

Z.exper.Med. 107,751 (1940)

Lebenslauf

Ich, Helmut Brammer, bin am 30. Mai 1941 in Königsberg/Ostpreußen als Sohn des Oberstabsarztes Dr.med. Hermann Brammer und seiner Ehefrau Dora, geb.Läwen geboren. 1944 flohen wir nach Niedersachsen, wo ich 1947 in Hermannsburg, Krs.Celle, eingeschult wurde. Seit 1951 besuchte ich das neusprachliche Gymnasium in Hermannsburg, welches ich 1961 mit dem bestandenen Abitur verließ.

Nach 1 1/2jähriger Militärzeit begann ich das Studium der Medizin in Göttingen, welches ich im SS 1965 an der Universität Erlangen - Nürnberg fortsetzte. Dort habe ich im Februar 1966 die ärztliche Vorprüfung vollständig bestanden.

Am 1.8.1969 bestand ich an der Universität Erlangen-Nürnberg das medizinische Staatsexamen.

Helmut Brammer

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 852 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 2 29 90
